

Vorstudie

Planta 4Rs

Machala, Ecuador

Anaerobe Vergärung

Finale Version

Föhren, Deutschland

1 August 2016



Auftraggeber:

Planta 4Rs
Erich Heini
Zaruma
Ecuador

Beauftragter:

ÖKOBIT GmbH
Jean-Monnet-Straße 12
54343 Föhren / Deutschland
Tel. +49 (0)6502 / 938 59-0
www.oekobit-biogas.com

Konzept und Inhalt:

Christoph Spurk
christoph.spurk@oekobit-biogas.com
Florian Pelzer
florian.pelzer@oekobit-biogas.com



Vorwort

Das Ziel dieser unverbindlichen Vorstudie ist die Überprüfung des Vorhabens hinsichtlich seiner technischen Machbarkeit und die Entwicklung eines ersten groben technischen Vergärungskonzeptes. Des Weiteren erhält der Kunde die Möglichkeit das Vorhaben durch eine erste Gesamtkostenschätzung auf seine wirtschaftliche Machbarkeit hin zu überprüfen. Grundlage der Vorstudie sind die vom Kunden genannten Daten. Fehlende Daten sind durch Erfahrungswerte und Annahmen, u.a. aus Fachliteratur, vervollständigt.

Die Vorstudie vermittelt somit einen ersten Überblick über ein mögliches Konzept inkl. Massen- und Energiebilanz sowie eine Gesamtkostenschätzung des Projektes unter den angegebenen Voraussetzungen

Die hier aufgeführten Investitionskosten beruhen unter anderem auf der technischen Ausrüstung gemäß dem bisherigen Anforderungsprofil des Kunden sowie unserer langjährigen Erfahrung als Anlagenbauer. Die weiteren Kosten außerhalb unseres Lieferumfanges stellen durchschnittliche Angaben für einen solchen Anlagentyp der konkreten Anlagengröße bei einer Realisierung in Deutschland dar und dienen ausschließlich dazu, unverbindlich aufzuzeigen, welche Kosten mit der Errichtung einer solchen Biogasanlage verbunden sind.

Der Planung der Vorstudie sind weder genehmigungsrechtliche noch landesspezifische Gesetze, Normen bzw. Komponenten und Preise zu Grunde gelegt. Ferner ist keine juristische, steuerliche und fracht- sowie zolltechnische Betrachtung berücksichtigt.

Wir weisen darauf hin, dass die nachfolgenden Angaben, insbesondere das Ertragspotential und die Gesamtkostenschätzung keine verbindlichen Aussagen darstellen und hiermit keinerlei Garantien verbunden sind. Die tatsächlichen Ertrags-/Investitionskosten können aus unterschiedlichen Gründen von den angegebenen Werten abweichen, so dass diese bei der konkreten Projektplanung im Einzelnen nochmals zu prüfen und gegebenenfalls zu aktualisieren sind. Die Studie kann daher eine technische Ausführungsplanung (Detail Engineering) für ein Biogasprojekt nicht ersetzen.

Die angegebenen Auslegungen und Berechnungen beruhen größtenteils auf den von den Kunden angegebenen Daten so dass die Studie ohne jegliche Haftung für Richtigkeit erstellt wurde.



Inhaltsverzeichnis


ÖKOBIT
Die Biogasexperten



Abkürzungsverzeichnis

KWK	Kraft-Wärme-Kopplung
TM	Trockenmasse
FM	Frischmasse
HRT	Hydraulische Verweilzeit (Hydraulic retention time)
kW_{el}	Elektrische Leistung
kWh_{el}	Energieeinheit, Kilowattstunden elektrische Energie
kWh_{th}	Energieeinheit, Kilowattstunden Wärme (thermisch)
kW_{th}	Thermische Leistung
Nl, Nm^3	Normliter oder Kubikmeter gemessen bei Standardtemperatur- und Druck
oTM	Organische Trockenmasse
BHKW	Block-Heizkraftwerk

Glossar

Anaerobe Gärung	Anaerobe Gärung ist die biochemische Zersetzung von komplexem organischem Material. Organisches Material wird von Bakterien unter Sauerstoffabschluss in Biogas umgesetzt. Die zwei Hauptprodukte der anaeroben Gärung sind Biogas und Gärrest, welcher reich an Ammonium und anderen Nährstoffen ist und daher als organischer Dünger eingesetzt wird.
Biogas	Brennbares, energiereiches Gasgemisch aus Methan, Kohlenstoffdioxid und anderen Spurengasen wie Schwefelwasserstoff, Ammoniak und Wasserstoff, welches bei der Vergärung entsteht.
Biogasanlage	Eine Anlage in der Bioabfall, landwirtschaftliche Abfälle, tierische Nebenprodukte und/oder Energiepflanzen unter anaeroben Bedingungen verarbeitet werden, mit dem Ziel der Biogas- und Gärrestproduktion.



BHKW	Blockheizkraftwerk; modular aufgebaute Anlage zur Gewinnung von elektrischer Energie und Wärme nach dem Prinzip der Kraft-Wärme-Kopplung.
Gärrest	Das Produkt der anaeroben Vergärung von biologisch abbaubarem Material. Er kann als Ganzes, oder in seinen festen und flüssigen Anteil separiert, angeboten werden. Der Gärrest kann kompostiert oder getrocknet und zu Pellets oder Granulat weiterverarbeitet werden. Er wird auch Bio-Schlamm, biologischer Dünger oder organischer Dünger genannt.
Fermenter	Behälter in dem die Vergärung stattfindet.
HRT	Hydraulic Retention Time. Die hydraulische Verweilzeit ist die Zeit, die das Substrat im Durchschnitt im Fermenter verbleibt. Diese Kennzahl beschreibt das Verhältnis von Reaktorvolumen zu täglichem Substratinput. Sie wird berechnet, indem man das effektive Fermentervolumen durch den Substratinput teilt: $HRT\ [days] = \frac{Fermentervolumen\ [m^3]}{Substratinput\ [\frac{m^3}{Tag}]}$. Die hydraulische Verweilzeit wird in Tagen angegeben.
Faulraum-belastung	Die Faulraumbelastung gibt an, wie viel Kilogramm organische Trockenmasse pro Kubikmeter effektivem Fermentervolumen und Zeiteinheit in den Fermenter gefüttert wird. Sie wird in kg oTS/(m^3*d) angegeben.
pumpbar	Flüssig oder zähflüssig und geeignet um durch eine Rohrleitung gepumpt zu werden. Meist unter 15% Feststoffgehalt.
Substrat	Input- bzw. Einsatzmaterial einer Biogasanlage. Kann aus Bioabfall, landwirtschaftliche Abfälle, andere tierische Nebenprodukte und/oder Energiepflanzen bestehen.



Kurzfassung

Die Planta 4Rs beauftragte ÖKOBIT GmbH um eine Vorstudie für eine Biomüllvergärungsanlage in der Nähe von Machala, Hauptstadt der Provinz El Oro in der südlichen Küstenregion Ecuadors, durchzuführen, in der die organische Fraktion von Haushaltabfällen sowie Früchte und Gemüsereste von Märkten verwertet werden sollen.

4Rs verfügt über entsprechende Verträge, Haushaltsabfälle von 6 Kantonen (ca. 500.000 Einwohner) zu sammeln. Jährlich können somit ca. 150.000 Tonnen Haushaltsabfälle (inkl. Marktabfälle) gesammelt und auf das Anlagengelände transportiert werden. Dabei erfolgt die Abfallsammlung und Anlieferung an 6 Tagen pro Woche. Der Abfall wird auf dem Anlagengelände über mehrere Aufbereitungsschritte vorsortiert und an die Vergärungsanlage mit einem Rest-Störstoffgehalt von 5% übergeben. 4Rs schätzt den organischen Anteil im gesamten Abfallstrom auf ca. 60%, so dass man von ca. 300 Tonnen pro Tag bzw. 90.000 Tonnen im Jahr organischem Material inkl. 5% Störstoff-Anteil ausgeht. Kalkulationsbasis ist die Jahresmenge.

Die konzipierte Anlage zur Nassvergärung besteht u.a. aus einer Zerkleinerungseinheit mit nachgelagertem Pufferspeicher zur Störstoff-/Sandabscheidung, zwei beheizten Fermentern, einer Hygienisierung, einem Nachgärer sowie einer offenen Lagerlagune für den Gärrest mit einer Lagerdauer von ca. 36 Tagen. Das Bruttovolumen der beiden Fermenter beträgt jeweils 4.247 m^3 bei einer Verweilzeit von ca. 33 Tagen. Das Bruttovolumen des Nachgärers beträgt 7.263 m^3 bei einer Verweilzeit von ca. 31 Tagen.

Das erzeugte Biogas kann mittels zwei 1,2 MW-BHKW in Energie umgewandelt und dadurch der erzeugte Strom ins Stromnetz eingespeist werden. Parallel zur Stromproduktion erzeugen die beiden BHKW Wärme, welche zur Beheizung des Fermenters / Hygienisierung bzw. als externe Prozesswärme genutzt werden kann. Zur Nutzung der Überschusswärme müssen allerdings noch entsprechende Wärmesenken erschlossen werden.

Die Investitionskostenschätzung für dieses Projekt beträgt 5.245.000 €. Wir empfehlen, es voranzutreiben, da die Rahmenbedingungen auf einen rentablen Betrieb einer Biogasanlage hindeuten und mit Umsetzung des Projektes ein nachhaltiges Konzept zur Abfallbewirtschaftung realisiert wird. Das Projekt in Machala ist weiterhin eine exzellente Möglichkeit für eine Biogasanlage als Vorzeigeprojekt in Ecuador Arbeitsplätze zu schaffen.



1. Einführung in die Grundlagen Biogas

1.1 Einführung in die Biogastechnologie

Eine Biogasanlage funktioniert wie ein großer Kuhmagen: Organisches Substrat wird in ein großes, hermetisch abgeschlossenes System, den so genannten Fermenter, gefüttert und üblicherweise beheizt und gerührt. Unter anaeroben Bedingungen zersetzt eine Vielzahl von Mikroorganismen organisches Material und stößt dabei ein Gas aus. Dieses Gasgemisch ist als Biogas bekannt und eine Kombination aus Methan, Kohlenstoffdioxid und anderen Gasen.

Im Laufe der Zeit haben sich unterschiedliche Biogasanlagentypen entwickelt. Diese können beispielsweise nach Betriebsweise (Batch oder kontinuierlich), Gärtemperatur oder Anzahl der Stufen (ein-, zwei,- oder mehrstufiges System) klassifiziert werden. In Summe kann der Gärprozess in Nass- oder Trockenfermentation eingeteilt werden. Nassfermentationsanlagen sind in der Landwirtschaft am weitesten verbreitet; diese werden meist mit einem Trockensubstanzgehalt im Inputmix von ca. 15 - 23 % betrieben. Weist dieser einen höheren Trockensubstanzgehalt auf, werden zusätzlich flüssige Substrate, z.B. Gülle, Wasser oder Rezirkulat aus dem Gärrestlager/Separation in den Fermenter eingemischt. Der Flüssigkeitsbedarf einer Biogasanlage mit Nassfermentation hängt daher hauptsächlich vom Feuchtigkeitsgehalt des eingesetzten Substrates in Kombination mit der Behältergeometrie und der eingesetzten Rührtechnik ab. Trockenvergärungsanlagen arbeiten hingegen mit festem organischem Material und Trockenmassegehalten im Inputmix von mehr als 20%. Allerdings ist zu erwähnen, dass es keine klar definierte Grenze der TM gibt, um die beiden Vergärungsarten voneinander zu unterscheiden. Daher können verschiedene Angaben in der Literatur gefunden werden. Nachfolgende Betrachtungen und Auslegungen in dieser Studie beziehen sich auf eine kontinuierliche Nassvergärung.

Abbildung 1 zeigt den typischen Aufbau einer landwirtschaftlichen Biogasanlage: Die Vorgrube wird zum Lagern und Homogenisieren der flüssigen Substrate verwendet, der Feststoffdosierer hingegen dient dazu, feste Substrate (mit hoher TM-Gehalt) in die Biogasanlage einzubringen. Die Vergärung der Substrate findet in einem oder mehreren isolierten Fermentern statt, in welchen sie auf ca. 40°C aufgeheizt und mit Rührwerken durchmischt werden. Zudem sind die Behälter mit einem Doppelmembrandach ausgestattet, welches als Gasspeicher dient. Das Gärrestlager dient dazu, das vergorene und ausgegaste Substrat zu lagern. In Abhängigkeit der beabsichtigten Nutzung des Biogases gibt es verschiedene Gasaufbereitungs- und Nutzungskonzepte. Das Gas kann entweder direkt zur Wärmepro-



duktion im Kessel, oder in einem BHKW zur Strom- und Wärmeproduktion genutzt werden. Dabei wird es in einem Gas-Otto-Motor verbrannt welcher über einen angeschlossenen Generator Strom erzeugt. Die dabei entstehende Abwärme kann im Fermenter und darüber hinaus in externen Anwendungen genutzt werden (z.B. in einem Nahwärmenetz). Größere Biogasanlagen bereiten über eine spezielle Technik das Biogas zu Biomethan auf um es in das vorhandene Erdgasnetz einzuspeisen. Durch diese Entkopplung von Erzeugungs- zu Verwertungsort steht das Gas für eine Vielzahl von Verbrauchern und Nutzungen zur Verfügung (z.B. Kraftstoff für Autos, LKW's oder Busse). Eine weitere Möglichkeit stellt die Biomethanerzeugung vor Ort (also ohne Einspeisung in ein vorhandenes Erdgasnetz) mit angeschlossener Gas-Tankstelle dar.

Abbildung 1: Übliche Biogasanlage in Deutschland



1.2 Was ist Biogas?

Biogas ist ein Gasgemisch, welches hauptsächlich aus Methan (50-75%), Kohlenstoffdioxid (25-45%), geringen Mengen Wasser und anderen Spurengasen, wie Schwefelwasserstoff, Sauerstoff, Stickstoff, Ammonium und Wasserstoff besteht. Die Dichte von Biogas beträgt 1,21 kg/m³, mit einem durchschnittlichen Methangehalt (CH_4) von ca. 60% und einem Kohlenstoffdioxidgehalt (CO_2) von 35%, sowie Spurengasen (O_2, H_2S, NH_4, etc.).

Methan, die Hauptkomponente des Biogases, ist ein farbloses, blau brennendes Gas, welches vielfach genutzt werden kann. Darunter zählen Stromproduktion, Heizen, Kühlen, Kochen oder eine Verwendung als Kraftstoff. Biogas ist daher eine saubere, effiziente und erneuerbare Energiequelle, die vor allem fossile Kraftstoffe substituieren kann.

1.3 Vergärungsparameter

Um eine optimale Leistung der Vergärung zu erreichen müssen verschiedene Parameter betrachtet werden. Da sich mehrere Gruppen von Mikroorganismen an der Methanproduktion beteiligen, sind passende Bedingungen zu wählen, um die verschiedenen Mikroorganismen-Stämme in einem gewissen Verhältnis zu halten. Einige dieser Parameter sind: pH-Wert, Temperatur, Durchmischung, Substrate, Verweilzeit, Faulraumbelastung, etc.

1.3.1 Mikroorganismen und Abbauphasen

Organisches Material gärt unter Luftabschluss und unter Anwesenheit von methanogenen Bakterien (methanococcus und methanobacterium species) bei Temperaturen zwischen 0°C und 70°C. Während der Vergärung wird der im Substrat enthaltene Kohlenstoff in den folgenden vier Phasen in Biogas umgesetzt (siehe Abbildung 2).:

- Hydrolyse (erste Phase),
- Versäuerung (zweite Phase),
- Essigsäurebildung (dritte Phase),
- Methanbildung (vierte Phase).

Im Gegensatz zur Kompostierung, einem aeroben Abbauprozess, erzeugt die anaerobe Vergärung keine Wärme, sondern brennbares Methan. Die anaerobe Vergärung kommt in vielen verschiedenen Bereichen vor. Unter anderem findet Sie im Schlamm am Meeresboden, in Seen, Mooren, unbelüfteten Bodenschichten, Mülldeponien, Gülle- und Abwassergruben oder im Reisanbau statt. Je nachdem wo der Prozess abläuft, wird das Gas als Sumpf-, Klär-, Gruben-, Deponie- oder in der Landwirtschaft als Biogas bezeichnet.



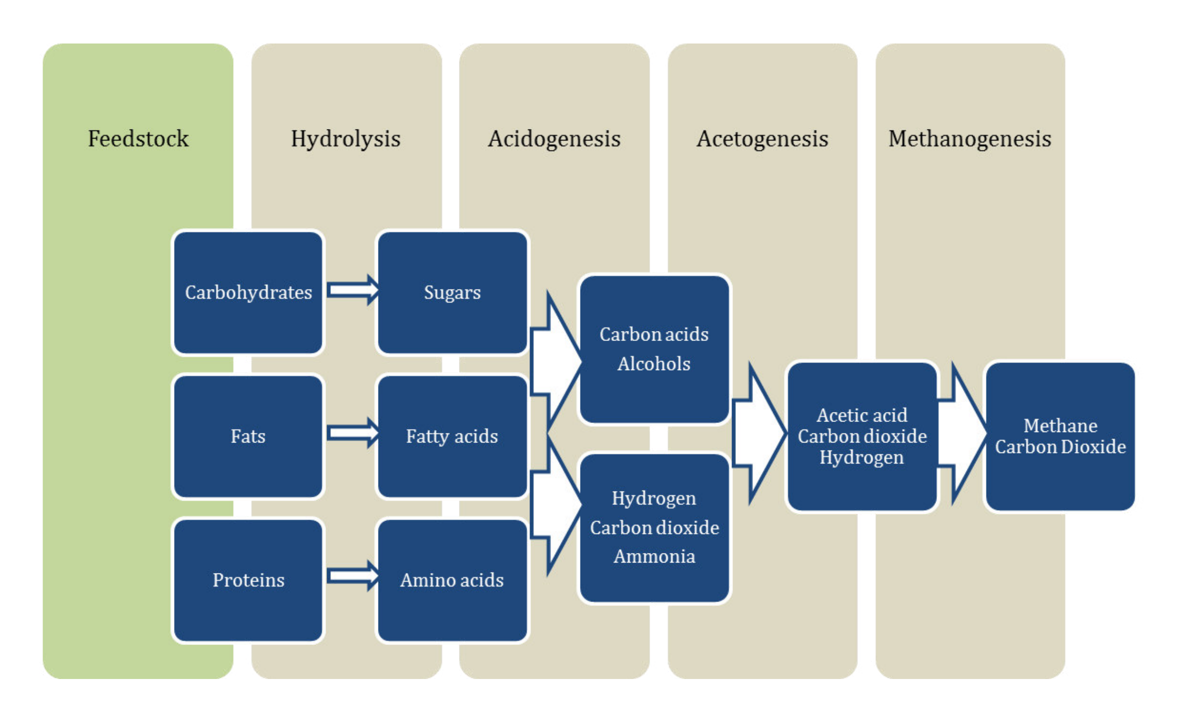


Abbildung 2: Prozessstufen Vergärung

Die Methanbildung durch Vergärung beinhaltet vier aufeinander folgenden Schritte, in welchen verschiedene Bakterien/Archaeen-Kulturen miteinander arbeiten und Methan bilden. In der Hydrolyse werden komplexe Kohlenhydrate, Fette und Proteine durch Exoenzyme und bakterielle Cellulosome in ihre monomeren Formen hydrolysiert. In der zweiten Phase (Versäuerung) werden die Monomere unter anderem in kurzkettige Säuren zerlegt, wie zum Beispiel Essigsäure, Propionsäure, Buttersäure, Isobuttersäure, Valeriansäure, Isovaleriansäure, Capronsäure, Alkohole, Wasserstoff und Kohlendioxid. Während der Acetogenese werden diese kurzkettigen Säuren in Essigsäure, Wasserstoff und Kohlenstoffdioxid zerlegt. In der letzten Phase werden diese Zwischenprodukte durch methanogene Bakterien in Methan und Kohlenstoffdioxid umgewandelt. Fast ein Drittel der Methanbildung erfolgt über die Reduktion von Kohlenstoffdioxid durch Wasserstoff.

Die Prozessstufen aus Abbildung 2 laufen zeitlich und örtlich parallel im Fermenter ab. Die Geschwindigkeit der Vergärung wird durch die langsamste Reaktion der Kette bestimmt, dies ist normalerweise die Hydrolyse-Stufe. Während dieser wird nur sehr wenig Biogas erzeugt, wohingegen die Biogasproduktion ihren Peak in der Methanogenese erreicht.

Die erforderliche Verweilzeit einer Biogasanlage hängt von vielen Parametern ab, beispielsweise der Temperatur, der Faulraumbelastung und verschiedenen Eigenschaften des Substrates. In der Regel wird in den ersten 20 bis 60 Tagen durch den schnellen Abbau der oTM der Großteil des Biogases gebildet. Die Gasausbeute hängt vom eingesetzten Substrat, aber auch von vielen anderen projektspezifischen Parametern, wie zum Beispiel der Tem-



peratur ab (siehe Abbildung 3). Aufgrund dieser Tatsache empfehlen wir die Durchführung eines Batchversuches mit dem einzusetzenden Substrat, um die Gasausbeute in Abhängigkeit der Zeit zu bestimmen und das Verhalten ihres Substrates zu beobachten.

1.3.2 Umgebungs- und Prozesstemperatur

Die Prozesstemperatur beeinflusst wesentlich die Vergärung (zu sehen in Abbildung 3). Der Fermentationsprozess beginnt bei ca. 20°C, wohingegen bereits eine Temperatur von ca. 30°C die Gasausbeute erheblich steigert. Bei mesophilen Bedingungen liegt das Temperaturoptimum zwischen 37 bis 42°C. Bei höheren Temperaturen oder thermophilen Bedingungen (z.B. 50°C) neigt der Prozess dazu instabil zu werden, auch wenn die Gasproduktion schneller ablaufen kann.

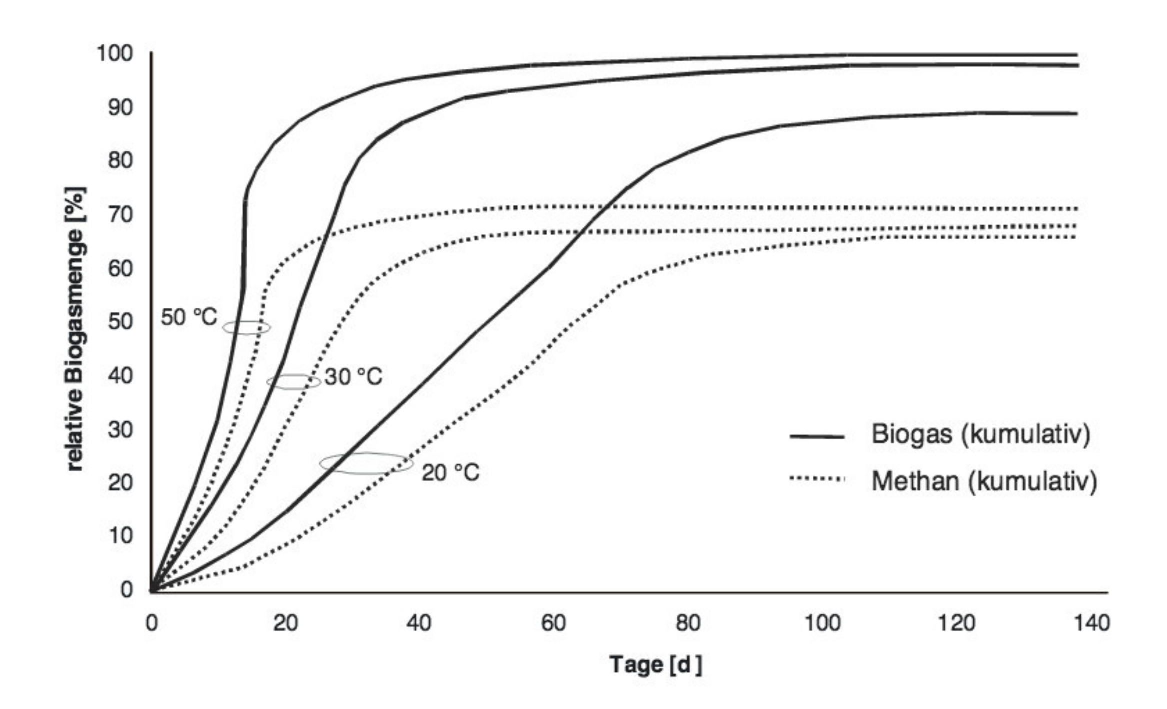


Abbildung 3: Biogasproduktion versus Temperatur, Quelle: Lfl

1.3.3 pH-Wert

Ein neutraler pH-Wert ist vorteilhaft für die Biogasproduktion, da die meisten der methanogenen Bakterien im pH-Bereich von 6,8 bis 7,5 wachsen. In diesem pH-Wert-Bereich befindet sich ein stabiler Prozess bei einer Temperatur von 37-42 °C. Zusätzlich zum pH-Wert findet unter diesen mesophilen Bedingungen, d.h. moderaten Temperaturen von 20 bis 42°C (optimale Bedingungen sind 37 bis 42°C) das stärkste Wachstum eines Großteils der methanbildenden Mikroorganismen statt. Niedrigere oder höhere Prozesstemperaturen ha-



ben einen Einfluss auf den pH-Wert des Fermenterinhaltes und ferner auch auf das Bakterienwachstum.

1.3.4 Substratmanagement

Mikroorganismen passen sich nur langsam an neue (Umgebungs-)bedingungen an. Daher ist für eine erfolgreiche Vergärung ein gutes Substratmanagement von großer Bedeutung. Eine anaerobe Vergärung kann bei Einsatz verschiedenster Substrate flexibel gestaltet werden, allerdings benötigt es dazu Know-how und Erfahrung im Betrieb. Anaerobe Mikroorganismen können sich zum Beispiel an ein neues Substrat komplett anpassen, wenn die Änderung in kleinen Schritten erfolgt. Eine zu schnelle Umstellung des Inputs kann ansonsten zu Prozessproblemen und im schlimmsten Fall zum Prozessversagen führen.

Die Anpassungsschritte z.B. hinsichtlich Menge des neuen/zusätzlich zu dosierenden Substrates und wann der nächste Erhöhungsschritt erfolgen kann, hängen vom jeweiligen Substrat und dessen Eigenschaften ab. Substrate die aus leicht vergärbarem Material, wie beispielweise zuckerreichem Prozesswasser aus der Lebensmittelindustrie bestehen, sind für die Mikroorganismen leichter zu vergären, als faserreiches, pflanzliches Material, welches eine längere Zeit zur Vergärung benötigt. Auf der anderen Seite können leicht vergärbare Substrate Probleme verursachen, da durch die zu schnell ablaufende Vergärung die Konzentration an Fettsäuren ansteigen kann. Zudem kann es erforderlich sein, stickstoffreiche bzw. proteinreiche Substrate oder Substrate mit hohem Kohlenstoffgehalt hinzuzufügen, da das Verhältnis von Kohlenstoff zu anderen Nährstoffen wie Stickstoff, Phosphor und Schwefel sehr wichtig.

Das Substrat sollte generell langsam vergärt werden, da die leicht vergärbaren Stoffe ansonsten einen plötzlichen Anstieg des Säuregehalts hervorrufen können.

Die Durchmischung der Prozessbehälter ist ebenfalls ein essentieller Parameter der Biogasproduktion. Wird zu stark gerührt hat dies negative Auswirkungen auf die Mikroorganismen, ohne Rühren ist es allerdings nicht möglich eine homogene Mischung, bezogen auf Nährstoffe, Temperatur und pH-Wert zu erreichen. Eine sinnvoll ausgewählte und angeordnete Rührtechnik sowie entsprechend eingestellte Rührzeiten führen demnach zu einer einheitlichen Mischung von frischem Substrat mit Fermenterinhalt.

Wichtig ist auch die Partikelgröße, da diese die Vergärung und schließlich die Biogasproduktion beeinflussen kann. Die Vorbehandlung von komplexen Substraten ist im Allgemeinen positiv für die Mikroorganismen, da die Zerkleinerung die Löslichkeit und daher auch die Verfügbarkeit des organischen Materials verbessert. Außerdem bedeutet eine Zerklei-



nerung, dass die Gesamtoberfläche des Substrates zunimmt. Je kleiner die Partikel, desto höher die Oberfläche, die durch die Mikroorganismen bearbeitet und zersetzt werden kann.

Wichtig in diesem Zusammenhang ist, dass eine Vorbehandlung nicht zwingend die potentielle Gasausbeute, also die Menge an Biogas, die aus einer bestimmten Menge Substrat gewonnen werden kann erhöht, allerdings die Geschwindigkeit der ersten Vergärungsphase beeinflussen kann. Die Organismen im Biogasprozess haben die einzigartige Fähigkeit, eine Vielzahl von Verbindungen abzubauen. Oft ist es nur eine Frage der Verweilzeit. Dennoch ist die Abbaurate wichtig für die Wirtschaftlichkeit einer Biogasanlage, da bei einer schnelleren Vergärung die Verweilzeit verkürzt werden kann, ohne dass ein Risiko einer verminderten Gasausbeute besteht.

1.4 Biogas als Ersatz für Treibstoff

Das Methan im Biogas ist chemisch äquivalent zum Erdgas und dessen Hauptenergiequelle. Ein Kubikmeter Biogas mit einem Methangehalt von 60% entspricht einem ungefähren Energiegehalt von 6 Kilowattstunden (kWh). Der durchschnittliche Heizwert von einem Kubikmeter Biogas ist äquivalent zu 0,6 Litern Heizöl und 0,45 kg LPG. Je nach Anforderung an die Biogasnutzung können unerwünschte Komponenten, wie zum Beispiel H_2S, entfernt werden.

1.5 Dünger aus der Biogasproduktion

Der entstehende Gärrest weist hervorragende Düngeeigenschaften auf und kann sowohl in fester, als auch in flüssiger Form in der Landwirtschaft als Dünger genutzt werden. Er liefert Nährstoffe und Biomasse, sodass besonders bei schwachen Böden die Pflanzenproduktivität gesteigert wird. In Bezug auf die Effizienz und die Mikrobiologie der Böden liefert der Gärrest zufriedenstellende Ergebnisse. Das folgende Foto zeigt eine Gegenüberstellung von verschiedenen Maispflanzen, welche mit (von links nach rechts) keinem Dünger, frischer Gülle, Gärrest oder Kunstdünger behandelt wurden. Es ist offensichtlich zu erkennen, dass der Gärrest fast die gleichen Effekte hervorruft wie künstlicher Dünger.

Der Gärrest aus Biogasanlagen ist daher ein hochwertiges Produkt und als wertvoller Dünger einsetzbar und vermarktbar.





Abbildung 4: Wachstum von Maispflanzen nach Verwendung von (von links nach rechts): Maispflanze ohne Dünger zur Kontrolle, Gülle als Dünger, Gärrest als Dünger und chemischer Dünger. Quelle: AgroScience

1.6 Die Vorteile einer Biogasanlage

Biogasanlagen haben eine Vielzahl von Vorteilen. An erster Stelle ist zu nennen, dass aus organischen Abfallstoffen (z.B. aus organischen Abwässern, Mist, landwirtschaftlichem Abfall, Speiseresten, etc.) Biogas gewonnen wird. Das Biogas kann z.B. in einem BHKW verwertet werden um elektrischen Strom und Wärme (wie in Abbildung 1 zu sehen) zu produzieren. Es kann ebenso in einem Kessel verbrannt werden um Wärme zu erzeugen oder zu Biomethan aufbereitet werden, um es über die bestehende Erdgasnetz-Infrastruktur als Kraftstoff in Fahrzeugen zu verwenden, wie es in Deutschland häufig durchgeführt wird.

Biogas ist eine biogene Energiequelle und in der Lage fossile Energieträger zu ersetzen, wodurch Treibhausgasemissionen gesenkt werden können. Eine lokale Stromerzeugung erhöht zudem die Energiesicherheit und reduziert das Risiko durch Schwankungen der zukünftigen Energiepreise.

Die Vergärung kann direkte Erlöse durch den Verkauf von Gärrest und Energie generieren, indirekte Vorteile sind die Verbesserung der Umweltbedingungen in der Umgebung, Senkung von Entsorgungskosten, zusätzliche Einnahmen aus CO_2-/Umweltzertifikaten (Carbon Credits) sowie eine positivere gesellschaftliche Wahrnehmung.



1.6.1 Vorteile für die Umwelt

- Biogas ist eine erneuerbare Energiequelle und repräsentiert eine dezentrale Energieversorgung aus lokalen Rohstoffen, welche die Treibhausgasemissionen und die Abhängigkeit von Importen reduziert
- Reduzierung von organischer Belastung
- Reduzierung von Gerüchen

1.6.2 Wirtschaftliche Vorteile

- Biogas kann Brennstoffe wie Diesel, Heizöl, LPG oder Holz ersetzen. Nach der Amortisierungspahse kann das Gas kostenlos bzw. günstig erzeugt werden. Außerdem kann der Betreiber einer Biogasanlage ggf. von CO_2-/Umweltzertifikaten profitieren (carbon emission reduction credits).
- Der flüssige Output (Gärrest) der Biogasanlage ist ein nährstoffreicher Dünger, welcher das Pflanzenwachstum und den Ertrag steigern kann. Der Gärrest kann auf den landwirtschaftlichen Flächen genutzt oder an umliegende Landwirte verkauft werden.
- Biogasanlagen senken die Umweltverschmutzung und somit Geruchsemissionen, Hygieneprobleme und finanzielle Verluste aufgrund von kontaminiertem Boden oder Wasser.
- Geringere Abhängigkeit von Importen von fossilen Brennstoffen

1.6.3 Soziale Vorteile

- Die Biogastechnologie kann an viele örtliche Bedingungen, auf viele Substrate und viele Industriezweige angepasst und umgesetzt werden. Das Projekt in Machala ist eine exzellente Möglichkeit für eine Biogasanlage als Vorzeigeprojekt in Ecuador Arbeitsplätze zu schaffen.
- Die Umweltsituation in der Umgebung wird sich verbessern, was zu einem finanziellen Vorteil führen wird, da die Werte von Immobilien und Mieten steigen werden.
- Der Gärrest stellt einen hochwertigen Dünger dar, welcher teilweise den importierten Kunstdünger ersetzen kann und somit die lokale Kaufkraft erhöht wird.
- Durch den Bau und Betrieb einer sauberen und erneuerbaren Energietechnologie wird sich das Bewusstsein der Arbeitnehmer und der lokalen Bevölkerung hinsichtlich Biogas und Erneuerbaren Energien ändern.



2. Standortprüfung

2.1 Regionale Bedingungen (Temperatur)

Der mögliche Standort der geplanten Biogasanlage liegt im Süden von Ecuador, Nähe der Stadt Machala. Das Klima in Machala wird als Steppenklima eingestuft, wobei sich die genaue Klimaklassifikation heißes semiarides Klima nennt. Das ganze Jahr über fällt kaum Niederschlag und die Jahresdurchschnittstemperatur liegt bei 25.2 °C.[1].

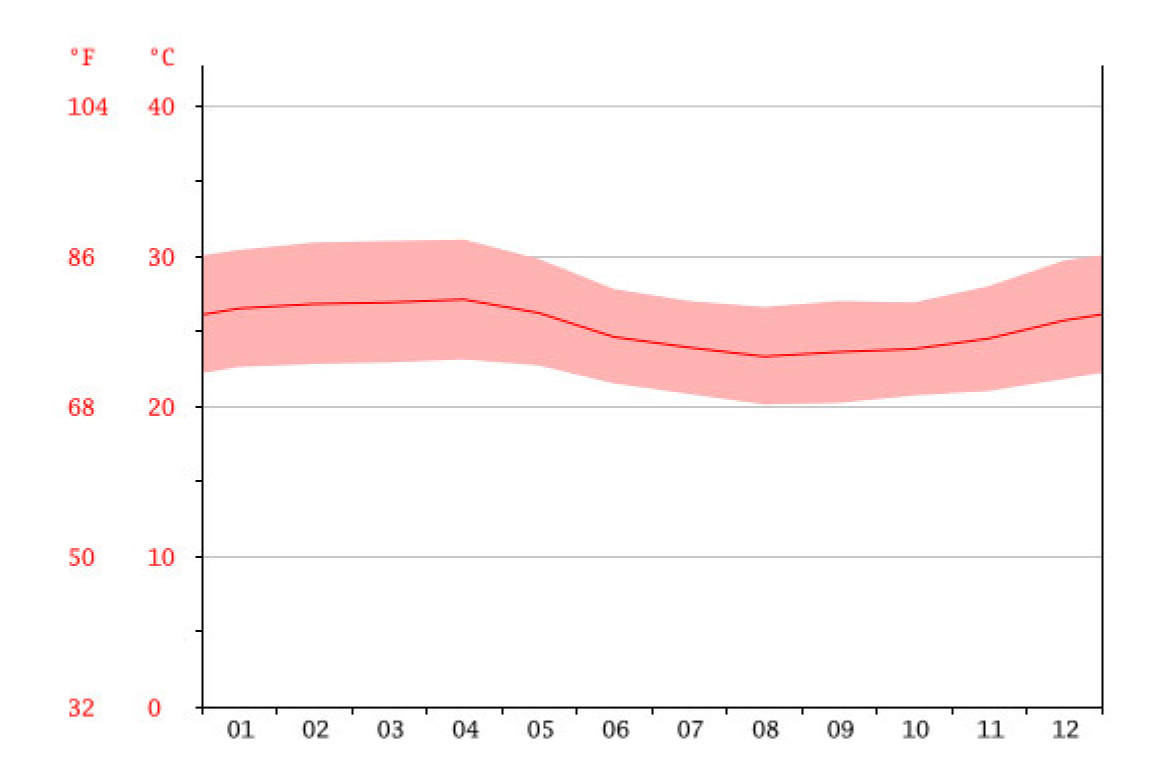


Abbildung 5: Durchschnitsstemperatur in Machala [1]

Die warmen Temperaturen und die geringen jährlichen Schwankungen führen zu einem geringen Wärmebedarf für die eigentliche Vergärungsanlage. Die bei der Stromproduktion anfallende Wärme kann vor Ort neben den Fermentern zusätzlich für die Hygienisierung verwendet werden. Der Wärmeüberschuss sollte in der näheren Umgebung zur Biogasanlage z.B. als Prozesswärme oder für Heiz- oder Kühlzwecke genutzt werden um eine höchstmögliche Effizienz zu erreichen.



3. Prüfung der verfahrenstechnischen Parameter

3.1 Vergärbarkeit

Haushaltsabfälle sowie Früchte- und Gemüsereste von Märkten werden oft zur Biogasproduktion verwendet, da sie sich gut bis sehr gut zur anaeroben Vergärung eignen.

Die Zusammensetzung der Haushalteabfälle ist in der Regel sehr vielfältig; da sie Proteine, Fette, Kohlenhydrate und verschiedene Spurenelemente enthalten, sind sie als gute und schnell vergärbare Einsatzstoffe einzustufen.

In diesem Zuge sollte erwähnt werden, dass die Zusammensetzung von Haushaltsabfällen sehr landespezifisch ist und auch im Laufe des Jahres variiert. Beispielsweise kann sich die Zusammensetzung des Haushaltsabfalls in der Weihnachtszeit sehr von der Zusammensetzung zu anderen Zeitpunkten unterscheiden. Hausmüll in Ländern mit hohem Fleischkonsum kann einen proteinreicheren organischen Anteil enthalten, so dass möglicherweise eine erhöhte Menge an Stickstoff in den Prozess eingebracht wird und kontinuierlich prozessbiologische Analysen zu empfehlen sind um einer möglichen Hemmung frühzeitig entgegenzuwirken. Allerdings wird der zusätzliche Einsatz von Gemüse- und Früchteresten, als typische zuckerreiche und schnell vergärbare Stoffe, die Stabilität der Co-Vergärung im Projekt Machala erhöhen und kann somit sogar zu positiven Synergien führen.

Haushaltsabfälle müssen aufgrund ihres hohen Anteils an Störstoffen und ihrer heterogenen Zusammensetzung allerdings aufbereitet werden bevor Sie der Vergärungsstufe zugeführt werden. Im Rahmen der frühzeitigen Abscheidung von Stör- und Schadstoffen sollte ebenfalls möglicherweise im Abfall enthaltenes holziges Material und Strauchschnitt aussortiert werden, da dieses aufgrund seines hohen Anteils an Lignocellulose biologisch schwer bzw. nicht abbaubar ist. Aussortierter Strauchschnitt kann nach Zerkleinerung z.B. als Strukturmaterial für eine spätere Kompostierung mit dem Gärrest verwendet werden.

Küchenabfälle, Speisereste und überlagerte Lebensmittel, in denen tierische Nebenprodukte enthalten sind, sollten zudem einer Hygienisierung unterzogen werden. Dazu wird das zerkleinerte Material z.B. 60 Minuten lang auf einer Temperatur von 70°C gehalten. Durch die Hygienisierung werden potenziell pathogene Keime abgetötet, als zusätzlicher Nebeneffekt wird das Material teilweise thermisch weiter aufgeschlossen und damit für die Mikroorganismen schneller verfügbar. In vorliegendem Konzept wird das Substrat nach den beiden Fermentern (schwarzen Seite) hygienisiert um auf der weißen Seite im Nachgärer vollständig auszugasen (siehe Fließbild im Kapitel 4). Die genauen Rahmenbedingungen



(z.B. Temperaturbereiche, Zeiten, Partikelgröße) für eine Hygenisierung bzw. Pasteurisation in Ecuador müssen allerdings im weiteren Projektverlauf geklärt und möglicherweise das Konzept darauf angepasst werden.

3.2 Gasertrag

Da Haushaltabfälle und deren Zusammensetzung bedeutend variieren können, weichen auch die Literaturangaben stark voneinander ab. Der Biogasertrag des Haushaltabfalls hängt unter anderem von dem Gehalt an Proteinen, Fetten und Kohlenhydraten sowie der Verdaulichkeit dieser Stoffgruppen ab. Die Planung einer Biogasanlage sollte daher am besten anhand von regional durchgeführten Abfallanalysen durchgeführt werden, auf deren Basis dann die Anlage auszulegen ist. Da bisher auf keine bestehenden Analysen zurückgegriffen werden kann, stammen die Grundlagenwerte für diese Studie vom Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (KTBL) (**Tabelle 1**)

Tabelle 1: Speisereste (mittlere Fettgehalte). Quelle: KTBL

Parameter	Wert	Einheit
Trockenmasse (TM)	16,0	%
Organische Trockenmasse (oTS)	87,0	% TS
Methangehalt	60,0	%
Methanertrag	408,0	lN/kg oTS
Biogasertrag	94,7	Nm^3/Mg FM

Die angesetzte energetische Ausbeute bezogen auf die Frischmasse beträgt 94,7 Nm^3 Biogas pro Tonne Substrat, woraus bei einem elektrischen Wirkungsgrad des BHKWs von 41,3 % eine elektrische Energiemenge von ca. 234 kWh_{el} erzeugt werden kann.



4. Auswahl ÖKOBIT-Anlagenkonzept und projektspezifische Anpassung

4.1 Vorauswahl eines Gasverwertungskonzeptes (BHKW, Kessel oder Gasaufbereitung)

Im Projekt Machala wird eine Gasnutzung per BHKW zur Stromproduktion und anschließender Netzeinspeisung favorisiert. Während die gesamte Strommenge an das öffentliche Stromnetz abgegeben wird, kann die mit dem BHKW produzierte Wärme teilweise für die Fermenter und die Hygienisierung genutzt werden. Für den anfallenden Wärmeüberschuss ist bisher keine Nutzung bekannt. Um die Gesamteffizienz dieser Gasnutzungsart zu erhöhen empfehlen wir die Erschließung zusätzlicher Wärmesenken in der unmittelbaren Umgebung zur Anlage.

Das Biogaspotential der eingesetzten Haushalts- und Gemüse-/Fruchtabfälle beträgt ca. 8 Millionen Nm^3 Biogas/Jahr mit einer jährlichen Feuerungswärmeleistung von ca. 48 Millionen kWh. Dies entspricht der Energiemenge von umgerechnet ca. 83.000 LPG Flaschen (100 lb) bzw. ca. 4,8 Millionen Liter Diesel.

Tabelle 2 Überblick Energieproduktion und Äquivalente

Energieproduktion und Äquivalente	Wert	Einheit
Organischer Anteil Haushaltsmüll	85.000	t/a
Biogaserzeugung	8.045.000	Nm^3/a
Methanerzeugung	4.827.000	Nm^3/a
Feuerungswärmeleistung	48.125.190	kWh/a
Energiegehalt als LPG (Äquivalent)	3.789.385	kg LPG/a
Energiegehalt als LPG (Äquivalent)	83.542	Druckflaschen (100 lb)
Energiegehalt als Diesel (Äquivalent)	4.827.000	Liter Diesel Äquivalent

Der Methananteil im Biogas liegt bei 60%, so dass die erste BHKW-Auslegung auf einer installierten elektrischen Leistung von 2,4 MW_{el} basiert. Im Hinblick auf Flexibilität sind zwei BHKW Motoren mit einer elektrischen Leistung von jeweils 1,2 MW_{el} ausgewählt worden. Um die Investitionskosten zu reduzieren ist es ebenfalls möglich nur ein BHKW zu installieren, allerdings kann dann im Falle von Wartungs- und Revisionsarbeiten kein Strom und auch keine Wärme für Fermenter/Hygienisierung produziert werden. Unter den oben ge-



nannten Rahmenbedingungen laufen beide BHKW jährlich ca. 8.300 Volllaststunden und produzieren dabei ca. 19,9 Mio. kWh_{el} bzw. 21,1 Mio. kWh_{th}.

Tabelle 3 Überblick Leistungsdaten BHKW

Mögliche Biogaserzeugung	ca. 8.045.000 Nm^3/a
Mögliche Methanerzeugung	ca. 4.827.000 Nm^3/a
Methangehalt im Biogas	60,0%
Leistung [kW_{el}]	2.400
Wirkungsgrad[% η_{el}]	41,3
Leistung [kW_{th}]	2.542
Wirkungsgrad [% η_{th}]	43,7
Stromproduktion [kWh_{el}]	ca. 19.937.000
Wärmeproduktion [kWh_{th}]	ca. 21.117.000
Mögliche Volllaststunden	ca. 8.300

4.2 Berechnung und Darstellung Massenbilanz

Biogas 9.825 t/a
BHKW

Bilanzraum für 365 Tage

Input 85.000 t/a
Ofl.wasser 0 m³/a
+ Sickersaft

Fermenter
Gesamt Vnetto = 7.698 m3

Nachgärer
Gesamt Vnetto = 6.582 m3

75.175 m³/a

Gärrestlager
Gesamt Vnetto = 7.500 m3

Landwirtschaft

0 m³/a
Zustrom Separation

Separator
0 t/a feste Phase ges.
0 m³/a flüssige Phase ges.

Rezirkulat 0 m³/a

<u>Speicherbedarf</u>

erf. Speichervolumen für 30 d =	6.179 m³
Berücksichtigung NG =	0 m³
feste Phase ges. 30 d =	0 m³
Rezirkulat 30 d =	0 m³
zu speich. Gärrest 30 d =	6.179 m³



4.3 Berechnung und Darstellung Wärmebilanz

Die Gärtemperatur im Fermenter sollte auf 40-42 °C gehalten werden. Ferner ist in nachfolgender Berechnung eine Aufheizung auf 70°C im Rahmen der Hygienisierung berücksichtigt. Die größte Heizleistung wird von Juni bis November benötigt, da hier die Außentemperaturen im Verhältnis niedriger sind. Aufgrund der konstanten und warmen Temperaturen ist der thermische Energiebedarf der Biogasanlage jedoch vergleichsweise gering (siehe Tabelle 5).

Tabelle 4 Umgebungstemperatur für Machala, Ecuador

Monat	Umgebungstemperatur [°C]	Bodentemperatur [°C]
Januar	26,5	10,0
Februar	26,8	10,0
März	26,9	10,0
April	27,1	10,0
Mai	26,2	10,0
Juni	24,6	10,0
Juli	23,9	10,0
August	23,3	10,0
September	23,6	10,0
Oktober	23,8	10,0
November	24,5	10,0
Dezember	25,7	10,0



Tabelle 5 Wärmebedarf für Machala, Ecuador

Monat	Wärmeleistung [kW]	Wärmemenge [kWh]
Januar	508	377.891
Februar	503	349.882
März	501	372.719
April	497	358.193
Mai	513	381.771
Juni	541	389.478
Juli	553	411.512
August	564	419.271
September	558	401.992
Oktober	555	412.806
November	543	390.729
Dezember	522	388.236
Total	**-**	**4.654.482**



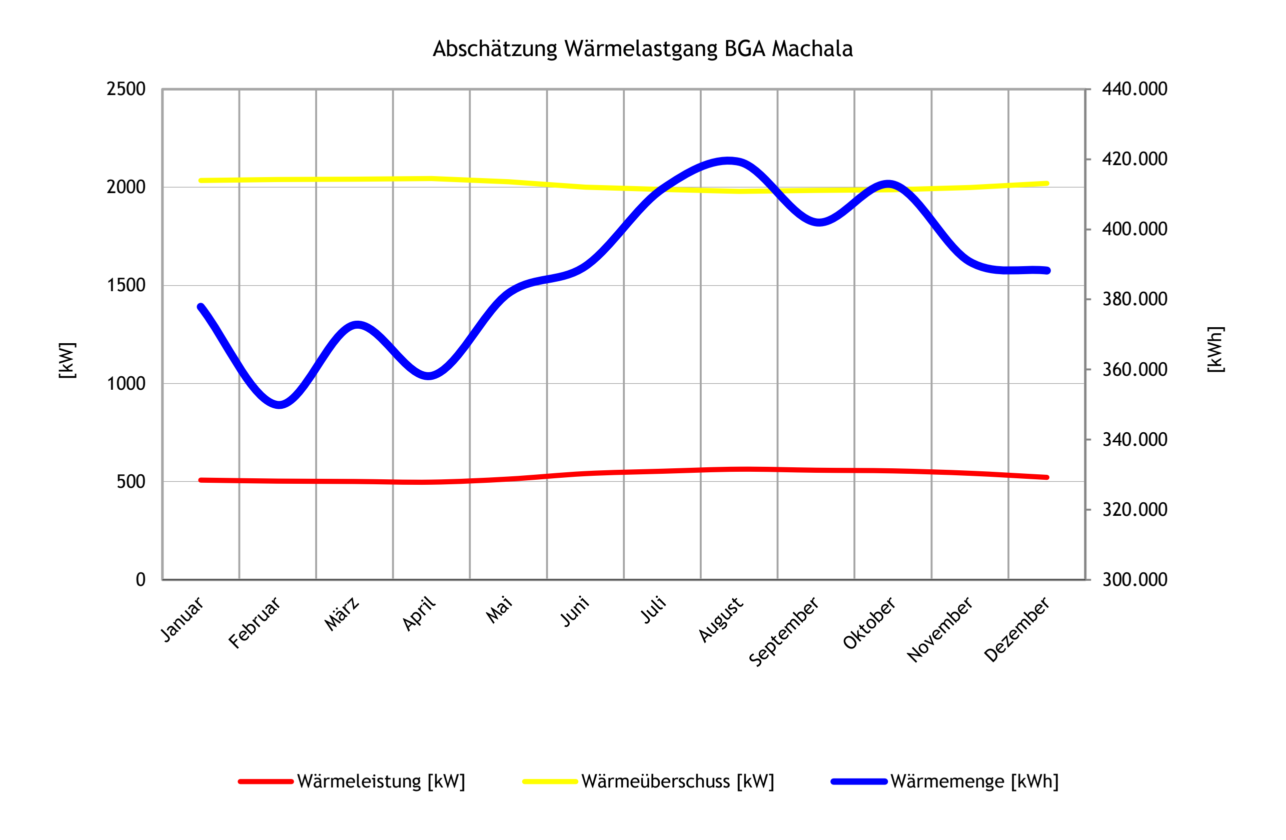


Abbildung 6 Lastprofil



4.4 Berechnung und Darstellung Energie- und CO_2-Bilanz

Energie- und CO2-Bilanz biogas plant Machala Ecuador

Verluste: 7.241.184 kWh/a (z.B. Abgas- und Strahlungswärme, mechanische Verluste)

Bilanzraum für 365 Tage

Input 85.000 t/a

Ofl.wasser
+ Sickersaft

Fermenter und Nachgärer
Gesamt Vnetto = 14.281 m3

Energie aus Biogas 48.274.560 kWh/a

BHKW*
η_{el}: 41,3%
η_{th}: 43,7%

Wärme gesamt: 21.117.022 kWh/a
Strom gesamt: 19.937.393 kWh/a

Hygienisierung

Eigenverbrauch Wärme: 4.654.482 kWh/a
Eigenverbrauch Strom: 2.131.722 kWh/a

ext. Einrichtung

Wärme Überschuss**: 16.462.540 kWh/a
Strom Überschuss: 17.805.671 kWh/a

* Angaben gemäß Datenblatt Hersteller
**durch die Nutzung des gesamten Wärmeüberschusses können folgende Brennstoffe eingespart werden:

- 1.417.962 kg/a LPG (Heizwert 12,9 kWh/kg) oder
- 1.829.171 l/a Öl/Diesel (Heizwert 10 kWh/l) oder
- 4.572.928 kg/a Holz (Heizwert 4 kWh/kg)

bei therm. Wirkungsgrad des best. Heizungssystems von: 90,0%

Einsparung CO_2-Äquivalente (direkt und indirekt) bei 100% Nutzung der produzierten Wärme:
3.464 t/a bei Substitution von LPG
7.317 t/a bei Substitution von Öl/Diesel
385 t/a bei Substitution von Holzpellets

Einsparung CO_2-Aquivalente (direkt und indirekt) bei 100% Nutzung des produzierten Stromes:
12.394 t/a bei Substitution von konventionell erzeugtem Strom



4.5 Schematisches Fließbild

Organische Fraktion aus Haushaltsabfällen / Marktabfälle

vorsortiert z.B. über Aufbereitungsanlage mit Annahmebunker, Metallabscheider Pickingstation,

90.000 t/a , ca. 5% Störstoffgehalt

Eintrag direkt per Förderband

Störstoffe

ÖKOBIT Angebotsumfang (ohne, Behälter, Verrohrung,..)

BHKW
2 x 1.200 kWel

Gasfackel
1.000 ³/h

Zerkleinerung inkl. Sieb ca. 5 m³

Pufferspeicher mit Sand- und Störstoffabtrennung 2.035 m³

Technik-Container I (schwarz)

Gasspeicher
Fermenter I 4.247 m³

Gasholder
Fermenter II 4.247 m³

Gasspeicher
Nachgärer 7.263 m³

Technik-Container II (weiß)

Hygienisierung

Lagune, offen ca. 7.500 m³

Separation

feste Phase

Flüssigphase

Biofertilizer Agricultural lands

schwarze Seite | weiße Seite

Gesamtinput nach Ihren Angaben	85.000 t/a organische Masse
möglicher Gasertrag	Ca. 8.045.000 Nm³/a
möglicher CH_4 Gehalt	60,0 %
η_{el} BHKW	41,3 %
η_{th} BHKW	43,7 %
mögliche Volllaststunden	Ca. 8.300 h/a

	Fermenter I bzw. Fermenter II	Nachgärer
Theoretische Verweilzeit	33,1 d	31,1 d
Faulraumbelastung	4,21 kg oTS/m³d	-
Temperaturbereich	40 - 42 °C	





4.6 Lageplan der ÖKOBIT Anlage und Flächenbedarf

Legende:

1. Fermenter I.+II. (øi=26,00m, h=8,00m; V=4.247m³)
2. Nachgärer (øi=34,00m, h=8,00m; V=7.263m³)
3. Pufferspeicher (øi=18,00m, h=8,00m; V=2.035m³)
4. Technikcontainer I. + II.
5. Hygienisierung
6. Separation
7. Lagune (offen) (h=4,00m; V=7.500m³)
8. BHKW-Container I. + II.
9. Fackel (V=1.000m³/h)
10. Halle (für Abfallaufbereitungstechnik)
11. Abfüllfläche
12. Annahmehalle
13. Büro- und Sozialgebäude



11 Abfüllfläche

3 Pufferspeicher
(øi=18,00m, h=8,00m; V=2.035m³)

1 Fermenter I.
(øi=26,00m, h=8,00m; V=4.247m³)

1 Fermenter II.
(øi=26,00m, h=8,00m; V=4.247m³)

5

4 Technikcontainer I.

10 Halle
(für Abfallaufbereitungstechnik)

12 Annahmehalle

13 Büro- und Sozialgebäude

P
P
P
P
P

10,00 | 1,00 | 20,00 | 1,00 | 12,50 | 6,00 | 10,00 | 40,00 | 5,00 | 9,40 | 20,00 | 35,00 | 1,00 | 5,00 | 10,00 | 55,00 | 6,00 | 26,40 | 18,40 | 6,00 | 6,00 | 10,00 | 5,00 | 5,00 | 2,50 | 12,00 | 26,40 | 3,00 | 6,00 | 3,00 | 3,00 | 3,00



(11) Abfüllfläche

(3) Pufferspeicher
(øi=18,00m, h=8,00m; V=2.035m³)

(5) Hygienisierung

(8) BHKW-Container II.

(8) BHKW-Container I.

(9) Fackel
(V=1.000m³/h)

(6) Separation

(1) Fermenter I.
(øi=26,00m, h=8,00m; V=4.247m³)

Technikcontainer II.

(4)

(4) Technikcontainer I.

Abfüllfläche (11)

(7) Lagune (offen)
(h=4,00m; V=7.500m³)

(2) Nachgärer
(øi=34,00m, h=8,00m; V=7.263m³)

(1) Fermenter II.
(øi=26,00m, h=8,00m; V=4.247m³)



Tabelle 6 Spezifikation Pufferspeicher

Typ	Betonbehälter mit Decke und konischem Absetzbereich mit Möglichkeit zur Störstoff-entnahme per Tiefpunktabsaugung
Innendurchmesser	18 m
Höhe	8 m
Bruttovolumen	2.035 m^3

Tabelle 7 Spezifikation Fermenter I und II

Typ	Betonbehälter mit Doppelmembranabde-ckung, ausgestattet mit Heizung und Rühr-werken
Innendurchmesser	26 m
Höhe	8 m
Bruttovolumen	4.247 m^3
Nettovolumen	3.849 m^3
Gasspeichervolumen inkl. Freibord	1.952 m^3
Bodeneinbindung	0,8 m
Dicke der Isolierung (Boden und Wände)	8 cm

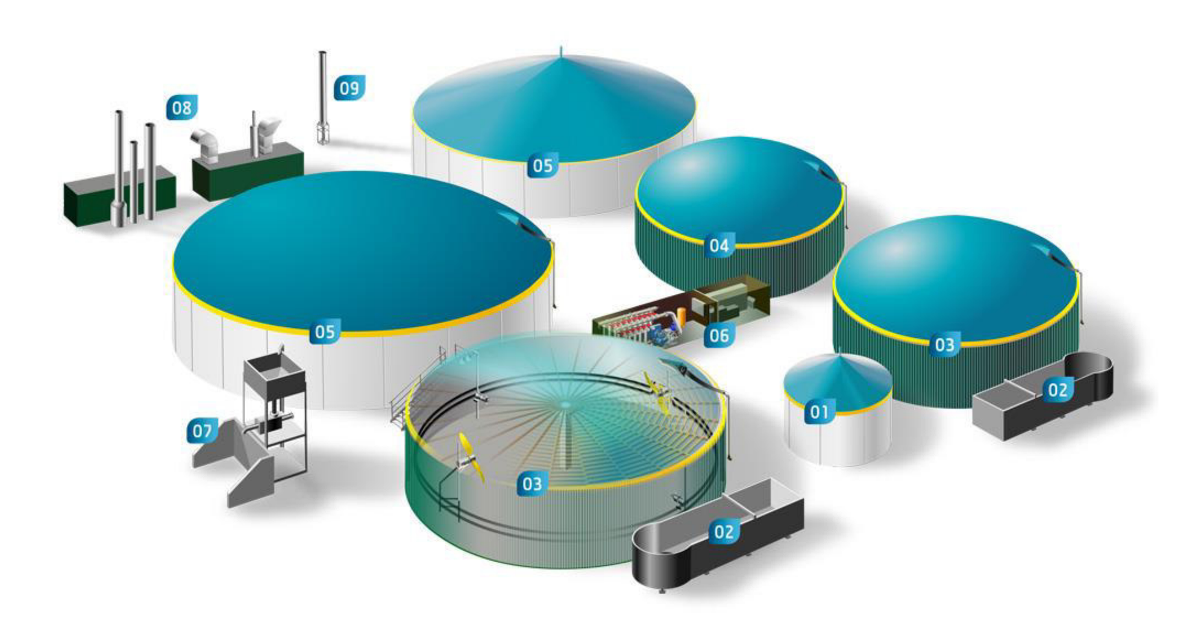


Abbildung 7 Muster-Baugruppen einer ÖKOBIT-Biogasanlage



Tabelle 8 Spezifikation Nachgärer

Typ	Betonbehälter mit Doppelmembranabdeckung, ausgestattet mit Rührwerken
Innendurchmesser	34 m
Höhe	8 m
Bruttovolumen	7.263 m^3
Nettovolumen	6.582 m^3
Gasspeichervolumen inkl. Freibord	3.994 m^3
Bodeneinbindung	0,8 m
Dicke der Isolierung (Boden und Wände)	8 cm

Tabelle 9 Spezifikationen Gärrestlager

Typ	Offene Lagune, ca. 36 Tage Speicherkapazität
Abmessungen	60 m x 37,5 m
Tiefe	4 m
Nettovolumen	ca. 7.500 m^3



6. Schlussfolgerung

Unsere Empfehlung für die Biogasanlage Machala basiert auf einem mesophilen Vergärungskonzept mit beheizten Rührkessel-Fermentern, welche ähnlich aussehen könnten wie der Fermenter in Abbildung 7.

Vergärungstyp: Um die organische Fraktion der Haushalts- und Marktabfälle effizient zu verwerten empfehlen wir eine Nassfermentation. Eine Nassfermentation ist gerade bei schwankenden und möglicherweise auch bei niedrigeren TS-Gehalten flexibler zu betreiben wie eine Trockenfermentation. Weitere entscheidende Vorteile gegenüber einer Trockenfermentation sind:

- Geringere Gesamtinvestitionskosten
- Höherer Ausgasungsgrad
- Niedrigere Behandlungskosten
- Substratflexibilität
- Vollstromhygienisierung auf 70°C möglich
- Störstoffabscheidung am Prozessbeginn möglich und somit geringere Störstoffverschleppung, geringere Belastung der Bauteile und Verminderung der Schwermetallfracht

Co-Fermentation: Da eine Co-Fermentation im Allgemeinen stabiler und mit höherer Gasproduktion abläuft, als eine Mono-Fermentation ist eine Vergärung der organischen Fraktion des Haushaltmülls in Kombination mit Gemüse- und Fruchtabfällen zu begrüßen. Die Erklärung hierfür ist, dass es bei einer Substratmischung wahrscheinlicher ist, dass alle notwendigen Spurenelemente enthalten sind, die für das Wachstum der Mikroorganismen wichtig sind. Aufgrund der unterschiedlichen Zusammensetzung des geplanten Inputmaterials werden daher keine zusätzlichen Substrate benötigt.

Substrate: Aufgrund der länderspezifischen Zusammensetzung der Abfälle empfehlen wir, wenn möglich, die Ermittlung ein oder mehrerer repräsentativer Proben und die Durchführung eines Gasertragstestes zur Bestimmung des Gaspotentials.



Ferner ist es von entscheidender Bedeutung, den Störstoffanteil vor Eintrag in die Gärstufe möglichst zu eliminieren um eine hohe Verfügbarkeit und Effizienz der Biogasanlage zu erreichen. Mit einer zusätzlichen Zerkleinerungs- und Siebstufe sowie des nachgeschalteten Pufferspeichers zur zusätzlichen Störstoff- und Sandabscheidung können wir dies auch bei vorgelagerter unzureichender Sortierung > 5% Störstoffanteil erreichen.

Im Zuge des Detail Engineerings der Gärstufe kann auf Wunsch auch das Aufbereitungskonzept für den Haushaltsmüll mit Störstoffabscheidung von ÖKOBIT durchgeführt werden.

Behälter: Die Größen der Prozessbehälter sind flexibel auf einen möglichen schwankenden Inputstrom ausgelegt und so gewählt dass auch bei abweichender Zusammensetzung der Inputstoffe genügend Raumvolumen zur Ausgasung vorhanden ist um die beiden BHKW voll auszulasten. Das Gärrestlager weist eine Lagerkapazität von ca. 36 Tagen auf. In Abhängigkeit der agrartechnischen und betriebslogistischen Erfordernisse sollte die notwendige Lagergröße im weiteren Projektverlauf überprüft und das Konzept daraufhin angepasst werden.

Biogasnutzung: Im Hinblick auf eine möglichst hohe Flexibilität empfehlen wir die Installation von zwei BHKW Motoren. Somit kann im Falle von Wartungs- und Revisionsarbeiten eines Aggregates z.B. die Wärmebereitstellung der Hygienisierung und damit die Verfügbarkeit und die Auslastung der Anlage sichergestellt werden. Über das große Gasspeichervolumen (ca. 7.900 m^3) der drei Behälter können ca. 7-8 Volllast-Stunden der BHKW gepuffert werden ohne dass Gas an die Umwelt abgegeben wird. Falls erforderlich oder gewünscht kann das Gasspeichervolumen über andere Zuschnitte der Dächer erhöht werden.

Wärme: Da die Vergärungsanlage nicht den gesamten Wärmeanfall abnehmen kann, sollten zusätzliche Wärmesenken in der näheren Umgebung erschlossen werden um den Gesamtnutzungsgrad zu erhöhen. Nach Kenntnis der maximalen externen Wärmeabnahme kann dann möglicherweise die BHKW-Auswahl (hinsichtlich höherem elektrischen Wirkungsgrad) oder aber das Isolierungskonzept der Biogasanlage angepasst werden. Bei externen Wärmespitzen gibt es die Möglichkeit



Pufferspeicher mit einzuplanen oder die BHKWs flexibel auf- und abzuregeln.

Hygienisierung: Eine Hygienisierung ist bei Einsatz von Haushaltsabfällen alleine schon aus seuchenhygienischen Aspekten empfehlenswert, möglicherweise sogar Pflicht. Im weiteren Projektverlauf sind die genauen Rahmenbedingungen (z.B. Temperaturbereiche, Zeiten, Partikelgröße) für eine Hygienisierung bzw. Pasteurisation in Ecuador zu klären.

Separation: Bei aktuell angenommenem TM-Gehalt der organischen Fraktion wird kein zusätzlicher Flüssigkeitsbedarf benötigt. Um allerdings auf schwankende TM-Gehalte im Input und Substrateigenschaften reagieren zu können, empfiehlt sich die Installation einer Separation. Dies ermöglicht einen möglichst flexiblen Anlagenbetrieb.

Überwachung: Im Allgemeinen raten wir zu einer fortlaufenden prozessbiologischen Überwachung, da die Biogasanlage in der Praxis kontinuierlich mit organischem Material unterschiedlicher Zusammensetzung beschickt wird. Manche Parameter können nur über einen längeren Zeitraum im Betrieb ermittelt werden, z.B. sollte ein besonderes Augenmerk auf den sich einstellenden Ammoniumstickstoff-Wert gelegt werden.

Nach Betrachtung aller uns zum jetzigen Zeitpunkt vorliegenden Informationen und dem daraus entwickelten technischem Vergärungskonzept kann aus technischer Sicht empfohlen werden das Projekt weiter zu verfolgen.

Durch die Umsetzung des Projektes würde ebenfalls ein nachhaltiges Konzept zur Abfallbewirtschaftung realisiert werden, einhergehend mit der Reduzierung von Gerüchen und organischer Belastung von Böden sowie Grund- und Brunnenwasser. Durch die Schaffung von neuen Arbeitsplätzen können bei Realisierung des Projektes weitere Vorteile generiert werden.

Sollte die Projektentwicklung vorangetrieben werden, müssen im weiteren Verlauf die in der Studie aufgeworfenen offenen Fragen und Aufgaben bearbeitet werden.

Die uns bisher vorliegenden Rahmenbedingungen versprechen einen profitablen Betrieb der Biogasanlage welcher durch eine zusätzliche Nutzung bzw. Vermarktung des Gärrestes weiter verbessert werden kann. Um diesen in Zahlen zu fassen, stehen wir Ihnen gerne bei der



Erstellung einer Machbarkeitsstudie zur Verfügung. Sollten Sie sich bereits zu einer Durchführung des Projektes entschieden haben unterbreiten wir Ihnen gerne ein verbindliches Angebot über die Hauptkomponenten und die Planung der Biogasanlage.

Föhren, 01. August 2016

Dipl.-Ing. (FH) C. Spurk

Dipl.-Ing. (FH) F. Pelzer



Quellen

[1] climate-data.org, letzter Zugriff im Juli 2016